

I-197 - ANÁLISE DE ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA NO MANANCIAL DE ABASTECIMENTO DA CIDADE DE BELÉM-PA, LAGO ÁGUA PRETA

Tuani Souza Ladeira⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Hebe Morganne Campos Ribeiro⁽¹⁾

Professora Titular na Universidade do Estado do Pará (UEPA). Doutora em Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Pará.

Nathália Patrícia Moraes de Souza⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Paulo Vitor dos Santos Gonçalves⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Vítor Abner Borges Dutra⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Endereço⁽¹⁾: Trav. Enéas Pinheiro, nº 2626. CEP: 66095-100. Bairro: Marco. Telefone: 3276-4011/3131-1907. Email: tuani.ladeira@gmail.com

RESUMO

Historicamente, o desenvolvimento humano se deu em volta de reservatórios de água, devido à vital importância desta. Dentre seus diversos usos, a utilização da água para abastecimento humano é considerado o mais nobre e requer elevada qualidade. O conceito de disponibilidade de água não está ligado unicamente à quantidade em que a mesma é encontrada e à possibilidade de captação, mas também, e tão importante quanto, à sua qualidade. De maneira geral, a qualidade da água é função de fenômenos naturais e do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica (SPERLING, 2007). Estando localizados dentro do Parque Estadual do Utinga (PEUt), os mananciais, Água Preta e Bolonha, são de suma importância para o armazenamento e abastecimento da Região Metropolitana de Belém (RMB). Apesar dos mesmos estarem protegidos por lei e inseridos em uma Unidade de Conservação (UC) de Proteção Integral, diversos autores apontam o risco de contaminação em que os mesmos se encontram. Logo, este estudo objetivou a caracterização da qualidade das águas do manancial Água Preta através de dois índices, a saber: Índice de Estado Trófico (IET) e Índice de Qualidade da Água (IQA). Para tal realizou-se três coletas em período sazonal diferentes a fim obter dados relativos ao corpo hídrico lago Água Preta e outros córregos presentes na área de influência da bacia. O estudo também realizou uma breve caracterização sócio-ambiental qualitativa da população residente nas áreas limítrofes ao Parque Estadual do Utinga. A pesquisa apresentou resultados diversos, em geral, a área de influência apresenta sinais claros de contaminação por resíduos e efluentes urbanos. Os corpos hídricos apresentaram IQA de classificação RUIM a BOA. Os resultados do IET variaram de Eutrófico a Hipereutrófico para o corpo hídrico Água Preta.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos hídricos, Parque Estadual do Utinga, Qualidade hídrica, Mananciais Urbanos.

INTRODUÇÃO

Por várias décadas, a gestão de águas no Brasil esteve focada apenas à questão de disponibilidade hídrica, especialmente com fins de produção de energia, resultado do modelo de gestão centralizado então em vigor, basicamente voltado às necessidades de planejamento estratégico do setor de hidroeletricidade (Muñoz, 2000). No entanto, a partir dos anos 1990, houve uma geral tendência de mudanças nas leis estaduais de recursos hídricos. Adicionalmente, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei 9.433/97, ao incorporar o princípio do aproveitamento múltiplo e integrado dos recursos hídricos, afirmou a opção brasileira por um modelo de gestão de águas que contemplasse simultaneamente aspectos quantitativos e qualitativos (LIBÂNIO et al, 2005).

Nesta nova perspectiva de gestão, tornam-se mais importantes as questões como o monitoramento da qualidade das águas, as intervenções quanto ao controle da poluição dos recursos hídricos, e questões voltadas ao saneamento ambiental (LIBÂNIO et al, 2005).

O despejo de efluentes domésticos e industriais sem tratamento é um dos principais problemas de infraestrutura hídrica nas cidades brasileiras, assim é necessário acessar de forma objetiva e clara a situação atual da qualidade dos corpos hídricos de maior significância. Portanto, a avaliação da qualidade da água através dos índices, Índice de Qualidade da Água (IQA) e Índice de Estado Trófico (IET), é de primordial importância para tais acessos.

Os mananciais do Parque Estadual do Utinga (PEUt) são os dois principais responsáveis pelo armazenamento e abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém (RMB) (IDESP, 1991). Localizado na Zona de Ambiente Natural 1 (ZAN 1) que corresponde à área delimitada pela Área de Proteção Ambiental (APA), na RMB (PARÁ, 2013), o PEUt é uma unidade de conservação de caráter integral que foi criado, dentre outros motivos, para a proteção dos mananciais Bolonha e Água Preta. No entanto, o entorno da APA, sofre com problemas decorrentes de resíduos sólidos acumulados, lixiviação do solo, erosão e assoreamento dos mananciais (SODRÉ, 2007). Segundo o Plano de Manejo do PEUt, o lançamento de esgoto sanitário na região também foi apontado como um problema, no qual foram identificados vinte e um pontos de lançamento nas cabeceiras dos lagos Bolonha e Água Preta (PARÁ, 2013).

Desta forma, o presente estudo tem como escopo o manancial Água Preta, localizado no Parque Estadual do Utinga (PEUt), e sua área de influência utilizando os parâmetros físico-químicos que formam o Índice de Qualidade da Água (IQA) e Índice de Estado Trófico (IET), com o objetivo de acessar a qualidade hídrica do manancial estudado.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo iniciou-se com uma revisão bibliográfica do tema, abordando a área do Parque Estadual do Utinga, a histórica utilização dos lagos para abastecimento público, os órgãos ambientais responsáveis pelo gerenciamento e licenciamento de obras na região, assim como a expansiva ocupação urbana da área. Um dos lagos que compõe o sistema de abastecimento da cidade de Belém, lago Água Preta, foi objeto de estudo deste trabalho. Assim como, procurou-se caracterizar a área de influência do mesmo, nos quesitos qualidade da água na área de influência da bacia e pressão urbana no entorno do Parque. O lago Água Preta apresenta uma área de 7.199,5 m², 10,55x106 m³ de água acumulada e aproximadamente 8,5 m de profundidade máxima (RIBEIRO, 1992).

As duas etapas de trabalho serão descritas a seguir:

PRIMEIRA ETAPA: COLETA E ANÁLISE DE ÁGUA

Foram escolhidos pontos no lago Água Preta, Figura 1, assim como na área da bacia do Murucutum, a fim de avaliar as influências das dinâmicas de fluxo de água no reservatório. Influências estas que podem ser citadas: a contribuição do sistema de adução do rio Guamá, a precipitação pluviométrica e o escoamento superficial presente na área da bacia. Fatores estes que determinam os níveis de água nos lagos e que certamente contribuem para a dinâmica química do ambiente.

As campanhas 1 e 2 foram realizadas, respectivamente, nos meses de maio e julho de 2014 e possuíram como objetivo central a caracterização da qualidade da água na área de influência dos lagos; esta área é fortemente influenciada pela pressão antrópica da população residente no entorno do Parque Estadual do Utinga. Foram utilizados 7 pontos de coleta na primeira campanha e 8 pontos na segunda, com as mesmas coordenadas geográficas.

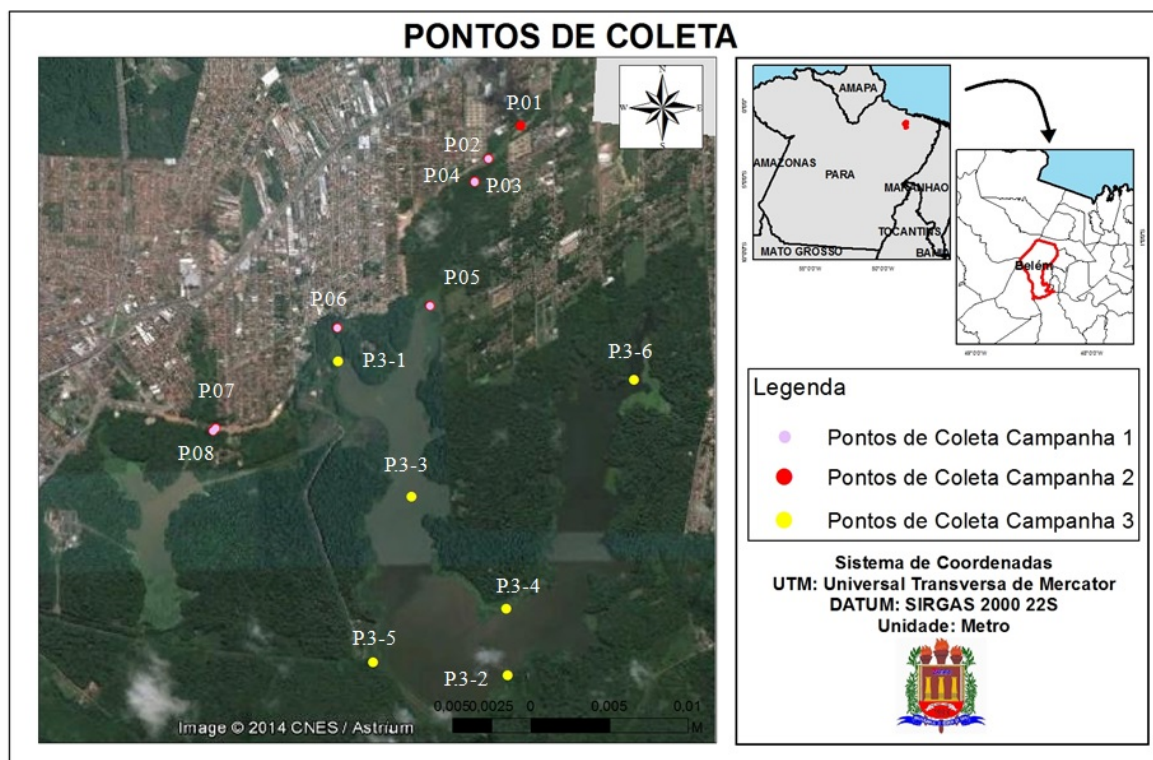


Figura 1: Localização dos pontos de coleta: Campanhas 1, 2 e 3.

As descrições dos pontos de coleta estão relacionadas nas Tabelas 1 e 2. Ressalta-se que os pontos escolhidos nas duas primeiras campanhas estão localizados nas áreas limítrofes às bordas do PEU, objetivando portanto a caracterização das pressões urbanas na área do entorno da unidade de conservação.

Tabela 1: Localização dos pontos de monitoramento das campanhas 1 e 2.

PONTO	DESCRIÇÃO	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	
P01	Área de influência urbana	48°24'35,168" W	1°23'36,197" S
P02	Área de influência urbana	48°24'42,447" W	1°23'43,731" S
P03	Montante do lago Água Preta	48°24'45,601" W	1°23'48,927" S
P04	Montante do lago Água Preta	48°24'45,619" W	1°23'49,081" S
P05	Lago Água Preta	48°24'55,908" W	1°24'17,378" S
P06	Montante do lago Água Preta	48°25'17,125" W	1°24'22,523" S
P07	Área de influência urbana	48°25'44,990" W	1°24'45,424" S
P08	Área de influência urbana	48°25'45,475" W	1°24'46,017" S

Enquanto que na campanha 3, realizada no mês de outubro de 2014, todos os pontos estão inseridos no lago, totalizando 6 pontos de amostragem (Tabela 2). Estes pontos foram escolhidos com o objetivo de caracterizar a água do reservatório a partir dos índices: Índice de Qualidade da Água e Índice de Estado Trófico.

Tabela 2: Localização dos pontos de monitoramento da campanha 3.

PONTO	DESCRIÇÃO	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	
P3-1	Lago Água Preta	1°25'31,2"W	48°24,56'56,8"S
P3-2	Entrada da Adutora do Rio Guamá	1°24'34,4"W	48°24'09,09"S
P3-3	Lago Água Preta	1°24'34,4"W	48°24'09,095"S
P3-4	Lago Água Preta	1°25'31,2"W	48°24,56'56,8"S
P3-5	Lago Água Preta	1°25'01,1"W	48°25'0,06"S
P3-6	Próximo à duplicação da João Paulo II	1°24'30,1"W	48°25'16,9"S

Para a coleta das amostras, realizadas na superfície da água do lago, os procedimentos foram baseados nas recomendações e orientações do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da CETESB (2012). Para a determinação do IQA, foram analisados os seguintes parâmetros: pH, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, resíduo total e fósforo total. Para o método analítico de determinação do estado trófico, foi utilizado o Índice de Estado Trófico de Carlson (1977), adaptado por Toledo (1983).

SEGUNDA ETAPA: ANÁLISES LABORATORIAIS

Os parâmetros Clorofila a, Fósforo total, Nitrogênio total e coliformes termotolerantes foram analisados no laboratório Multianálises Ltda., com laudos em anexo. Os parâmetros sólidos totais, turbidez, DBO5 e Oxigênio Dissolvido foram analisados no laboratório Universo Amazônia Ltda. Os parâmetros temperatura e pH foram determinados **in loco**. As metodologias utilizadas em cada uma das análises serão listadas na Tabela 3.

Tabela 3: Metodologia utilizada para os parâmetros que compõem os índices: IQA e IET.

Índice(s) que utiliza(m) o parâmetro	Parâmetro	Metodologia	Referência Bibliográfica
IQA	pH	Determinado in loco pelo método Eletrométrico	Standard Methods ^(a)
IQA	Temperatura	Determinada in loco através de termômetro de mercúrio.	Standard Methods ^(a)
IQA	Oxigênio Dissolvido (OD)	Método de Winkler por Azida Modificada	Standard Methods ^(a)
IQA	Turbidez	Método Nefelométrico	Standard Methods ^(a)
IQA	Coliformes termotolerantes	Método de Tubos Múltiplos	Standard Methods ^(a)
IQA	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Método de Incubação a 20° C por 5 dias	Standard Methods ^(a)
IQA e IET	Nitrogênio total	Método de Nitrogênio Total Kjeldahl	Standard Methods ^(a)
IQA e IET	Fósforo total	Método do Ácido ascórbico	Standard Methods ^(a)
IQA	Sólidos totais (ST)	Método Gravimétrico	Standard Methods ^(a)
IET	Clorofila a	Método espectrofotométrico	Standard Methods ^(a)

Observações:

^(a) (Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 20th – APHA-AWWA-WEF - method 4500 H+ - B, 1998).

RESULTADOS: ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Após a determinação dos parâmetros que compõem o IQA, foi calculado o produto do valor calculado para cada parâmetro elevado ao seu peso, tem-se o valor do Índice de Qualidade da Água final, que varia de 0 a 100. O Índice de Qualidade de Água (IQA), desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF), dos Estados Unidos, e adaptado no Brasil pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), do estado de São Paulo, sintetiza nove parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade da água. A cada um destes parâmetros foram atribuídos pesos relativos, de acordo com a sua importância, em relação ao cálculo do IQA. A fórmula utilizada pela CETESB para o cálculo do IQA está representada na equação 1:

$$IQA = \prod_{i=1}^n qi^{wi} \quad (1)$$

Onde: Onde, IQA: Índice de Qualidade das Águas, que varia entre 0 e 100; qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, que varia entre 0 e 100, obtido a partir da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função da sua concentração ou medida; wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, o qual varia entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global da qualidade e, i: número correspondente a cada parâmetro, variando de 1 a 9 (n=9), que é a quantidade de parâmetros que compõem o IQA).

A somatória dos pesos de todos os parâmetros constituintes do IQA é igual a 1, caracterizando o cálculo em um produtório ponderado, como demonstrado na equação 2:

$$\sum_{i=1}^n wi = 1 \quad (2)$$

Onde: n: número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

A Figura 2 demonstra a variação da qualidade da água nos pontos analisados em duas campanhas realizadas, respectivamente, em Maio (campanha 1) e Julho de 2014 (campanha 2).

Os pontos amostrais que apresentaram menores valores de IQA são aqueles localizados na área de influência do lago. Para o ponto 1, só foi possível calcular o índice na segunda campanha de coleta, por falta de informação referente a um dos parâmetros que compõem o IQA. No entanto, nos pontos 2 a 8 foi possível a comparação sazonal.

O menor valor de IQA foi encontrado no ponto 4, durante a segunda campanha, de 23,91. Enquanto que o maior valor de IQA foi da ordem de 64,04, referente ao ponto 5 durante a segunda campanha amostral. Apesar do mês de julho apresentar menor precipitação que o mês de maio, nem sempre foi possível observar a diminuição da qualidade dos recursos hídricos estudados. Por esse motivo, podemos inferir que outros aspectos podem estar influenciando a qualidade dos mesmos.

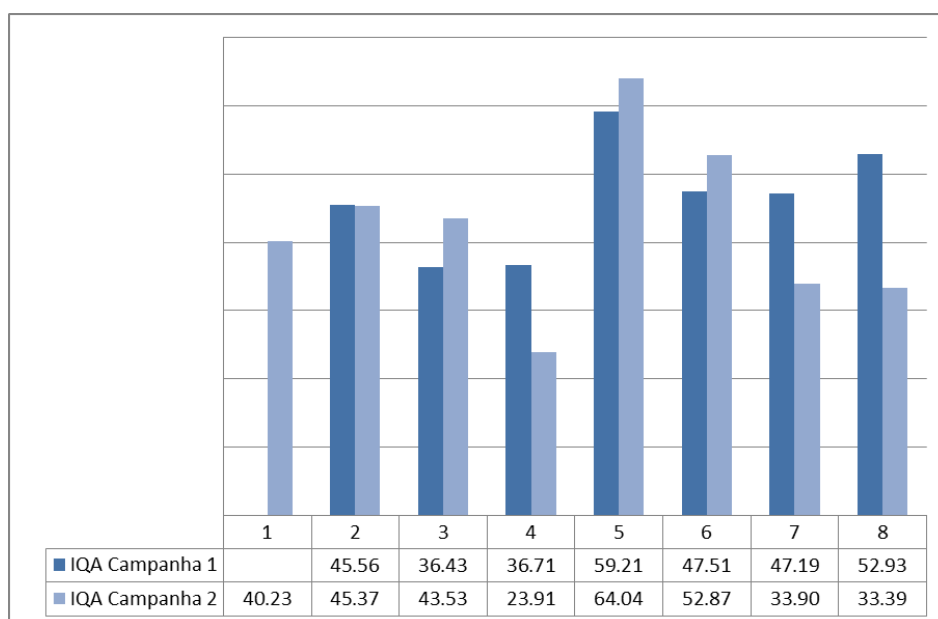


Figura 2: Resultados IQA para as campanhas 1 e 2.

O ponto 4 apresentou uma grande diferença de resultado na segunda campanha amostral (23,91) em relação ao resultado da primeira campanha, com valor de 36,71. Esta diferença pode ser atribuída, dentre outros fatores,

ao menor índice pluviométrico, ao aumento na concentração de sólidos totais e nitrogênio total e ao aumento geral na concentração de matéria orgânica – determinado pela concentração da DBO5. Esta área apresenta clara influência antrópica devido aos altos valores de nutrientes (N e P) e matéria orgânica encontrados nas amostras.

Os pontos 7 e 8 também apresentam características da influência de despejos de efluentes domésticos, apresentando altas taxas de nitrogênio e demanda bioquímica de oxigênio, conforme exemplificado na Tabela 4.

O ponto 5 foi o único que apresentou classificação de IQA considerada boa em todas as campanhas. Por este ponto estar inserido no lago Água Preta, esta classificação pode ser explicada devido à alta taxa de entrada de água no reservatório, o que causa uma diluição natural dos componentes que caracterizam os parâmetros e devido à capacidade de auto depuração dos corpos hídricos. A Tabela 4 relaciona todos os pontos de coleta com suas respectivas classificações a partir do IQA-CETESB. É importante frisar que a grande maioria dos pontos analisados apresentou resultado abaixo do bom, que é considerado indesejável pois estes córregos de água têm influência direta na qualidade ambiental dos lagos Bolonha e Água Preta.

Tabela 4 - Classificação Índice de Qualidade da Água nas campanhas 1 e 2.

	IQA Campanha 1	Classificação	IQA Campanha 2	Classificação
P01	-		40,23	ACEITÁVEL
P02	45,56	ACEITÁVEL	45,37	ACEITÁVEL
P03	36,43	RUIM	43,53	ACEITÁVEL
P04	36,71	RUIM	23,91	RUIM
P05	59,21	BOA	64,04	BOA
P06	47,51	ACEITÁVEL	52,87	BOA
P07	47,19	ACEITÁVEL	33,90	RUIM
P08	52,93	BOA	33,39	RUIM

O ponto 8 também apresentou uma queda de qualidade brusca, fato que pode ser explicado, também, pelo aumento do nível de matéria orgânica e aumento brusco da concentração de nitrogênio total – que variou de 2,6 mg.L-1 para 22 mg.L-1. Na maioria dos pontos amostrais foi possível encontrar uma alta concentração de coliformes termotolerantes, como exemplificado na Tabela 3. O IQA é utilizado como ferramenta de gestão, porém é necessário dar atenção a cada um dos nove parâmetros que compõem este, já que devido as faixas do IQA terem um extenso intervalo entre elas, muitas vezes, não é possível caracterizar a qualidade da água com êxito. Assim, com o intuito de melhor caracterização é importante a análise de cada parâmetro separadamente e comparação destes com a legislação vigente.

Com o objetivo de melhor caracterizar o corpo hídrico lago Água Preta, foi realizada uma terceira campanha durante o mês de Outubro, considerado o mais seco do ano de 2014, como pode ser observado na Figura 7, até o presente momento. Foram realizadas amostras em 6 (seis) pontos amostrais, todos inseridos no lago. Os resultados do IQA desta campanha estão apresentados na Figura 8.

Assim como na primeira campanha, estes pontos apresentaram um valor superior de qualidade em comparação com os pontos inseridos na área de influência dos lagos. O ponto 3-2, que apresenta o menor valor dentre estes analisados, foi coletado na área em que a água proveniente da adutora do rio Guamá é inserida no lago, portanto, recebendo a influência direta deste rio. É possível ver esta influência na maior carga de coliformes termotolerantes encontrada nesta área, como exemplificado na Tabela 4. Os pontos 3-1, 3-3 e 3-4 estão localizados em partes centrais do corpo hídrico, logo não recebem tanta influência da área envolta ao lago. Apesar disso, o ponto 1 apresenta um valor de IQA (53,46) próximo àquele calculado no ponto 2 (51,32).

Há uma obra em andamento na área limítrofe ao PEUt, intitulada “duplicação da Avenida João Paulo II”. Sendo o ponto mais próximo a esta obra civil o ponto 3-6. Este recebeu nota também considerada boa, em concordância com a maioria dos outros pontos amostrais. Esta é uma informação relevante pois, previamente à

realização de qualquer obra, é importante o levantamento do *background* do estado das áreas afetadas para fins de licenciamento ambiental e possível respaldo.

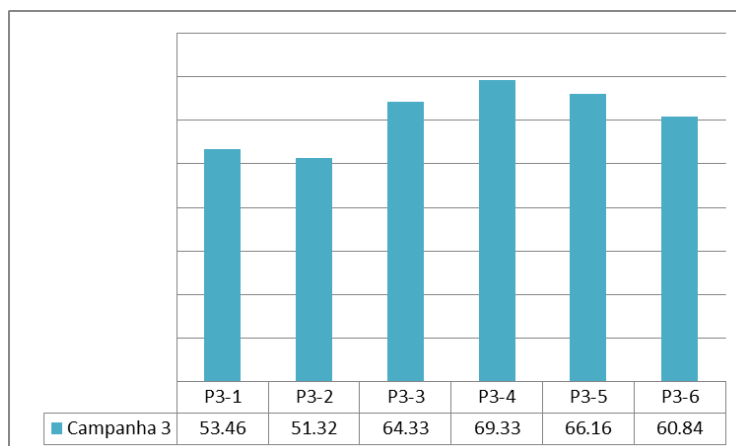


Figura 3: Resultados IQA-CETESB campanha 3.

Conforme exposto na Tabela 5, todos os pontos amostrais, com exceção do ponto 3-2, apresentaram classificação de IQA bom. O ponto 3-2, por motivos anteriormente discutidos, apresentou classificação apenas aceitável.

Tabela 4 - Classificação Índice de Qualidade da Água na campanha 3.

Pontos	Resultado IQA	Classificação
P3-1	53,46	BOA
P3-2	51,32	ACEITÁVEL
P3-3	64,33	BOA
P3-4	69,33	BOA
P3-5	66,16	BOA
P3-6	60,84	BOA

O corpo hídrico estudado, portanto, ainda está apresentando boa resiliência às pressões externas. Porém, é importante o constante monitoramento e a comparação singular dos parâmetros de qualidade da água analisados com a legislação vigente. Além disso, a faixa de classificação do IQA é bastante larga, logo, uma água considerada BOA, pode não apresentar todas as características de qualidade exigidas pela legislação vigente.

RESULTADOS: ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO

Para a campanha 3, realizada em Outubro de 2014, além de classificar o corpo hídrico quanto ao IQA, foi realizada a classificação do mesmo quanto ao IET. Os pontos escolhidos da campanha 3 foram: P3-1, P3-2, P3-3, P3-4, P3-5 e P3-6, a localização dos mesmos foi descrita no item 3.2.1. A análise de fósforo foi realizada em todos os pontos descritos acima, porém a análise de clorofila a foi realizada apenas nos pontos P3-1 e P3-6. Vale ressaltar que, segundo Sperling 2007, o IET pode ser calculado, sem nenhuma limitação, com as duas variáveis (fósforo e clorofila a) ou com apenas uma delas (fósforo ou clorofila a). Os resultados do IET podem ser observados abaixo a partir da Figura 4.

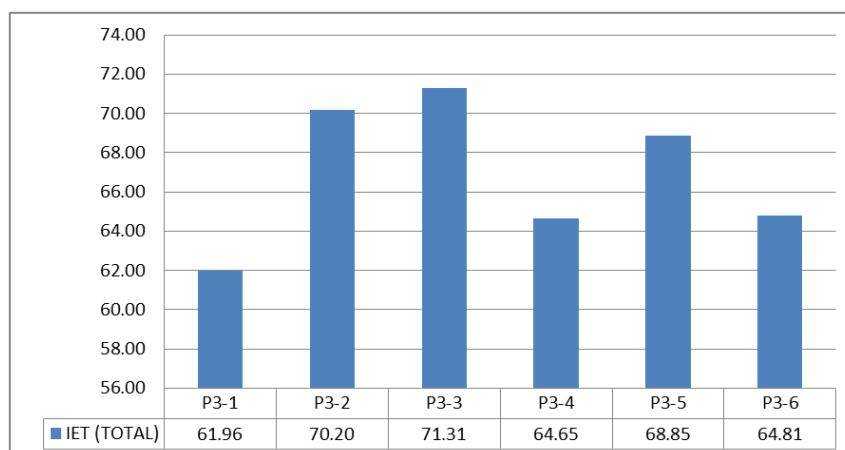


Figura 3: Resultados IET campanha 3.

A partir das tabelas 5 e 6, que demonstram os valores de estado trófico separadamente para CL e P, percebe-se que apesar do valor do IET (CL) ter sido inferior ao do IET (P) eles são bem próximos, então revelando que a poluição nestes pontos é mais antiga.

Por esta razão, o IET (CL) e o IET (P) analisados separadamente mostram conceitos diferentes do IET (total). Desta forma, o ponto P3-1, determinado em IET (CL) foi classificado como mesotrófico e para o IET (P) foi classificado como supereutrófico. Então o IET (total), que pode ser observado na Tabela 8, foi enquadrado na faixa eutrófica.

Essa diferença é explicada pelo fato de que o resultado do IET (total) é uma média aritmética dos resultados de IET para cada parâmetro. Nos outros pontos (P3-2, P3-3, P3-4 e P3-5), o IET (total) foi considerado como o IET (P), assim classificou o corpo hídrico quanto ao grau de trofia devido ao enriquecimento de nutrientes, porém como a variável clorofila a não estava disponível para o cálculo do IET (CL), não é possível tirar conclusões quanto ao tempo da poluição.

Tabela 5 - Resultados IET (CL) para campanha 3.

Pontos	CL (µg.L-1)	IET (CL)	Conceito
P 3-1	4,27	57,92	Mesotrófico
P 3-6	13,62	63,61	Eutrófico

Tabela 6 - Resultados IET (P) para a campanha 3.

Pontos	P (µg.L-1)	IET (P)	Conceito
P 3-1	50	66,00	Supereutrófico
P 3-2	100	70,20	Hipereutrófico
P 3-3	120	71,31	Hipereutrófico
P 3-4	40	64,65	Supereutrófico
P 3-5	80	68,85	Hipereutrófico
P 3-6	50	66,00	Supereutrófico

Dentre os seis pontos analisados, três (P3-2, P3-3 e P3-5) apresentaram valores de IET (total) acima de 67, o que os enquadram na faixa denominada hipereutrófica. Os pontos P3-4 e P3-6 tiveram resultados de IET (total) entre 63 e 67, por isso receberam classificação denominada supereutrófica (Tabela 7). Por fim o ponto P3-1 foi classificado como eutrófico, já que o valor do IET se enquadrou entre 59 e 63. É importante ressaltar que segundo Carlson (1977), o IET é utilizado como um indicador de poluição, o mesmo caracteriza o processo de eutrofização, tanto quanto ao enriquecimento por nutrientes (causa), quanto pelo crescimento excessivo de algas (efeito). Assim, nos pontos P3-1 e P3-6, o IET (total) caracteriza o processo completo (causa e efeito), uma vez que as duas variáveis estavam disponíveis.

Tabela 7 - Resultados do IET (total) para a campanha 3.

	P3-1	P3-2	P3-3	P3-4	P3-5	P3-6
Clorofila a	4,27					13,62
Fósforo	50,00	100	120	40	80	50
IET (CL)	57,92					63,61
IET (P)	66,00	70,20	71,31	64,65	68,85	66,00
IET (TOTAL)	61,96	70,20	71,31	64,65	68,85	64,81
Conceito	Eutrófico	Hipereutrófico	Hipereutrófico	Supereutrófico	Hipereutrófico	Supereutrófico

RESULTADOS: COMPARAÇÃO DOS PARÂMETROS ANALISADOS COM A LEGISLAÇÃO VIGENTE

A resolução CONAMA N° 357/2005 dispõe sobre “a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, dentre outras providências”. Assim, buscou-se a comparação dos parâmetros componentes dos índices analisados com os limites máximos permitidos por esta Resolução. O corpo hídrico estudado é conceituado como Águas Doces classe II, que podem ser utilizadas para abastecimento humano após tratamento convencional. As Tabela 8 e 9 demonstram os resultados das campanhas 1, 2 e 3 e comparam os mesmos com a legislação citada anteriormente.

Tabela 8: Comparação dos parâmetros analisados com a legislação vigente^{(a) (c)} (Campanhas 1 e 2).

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	LMP *
Campanha 1									
Sólidos Totais (mg/L)		65	68	86	78	48	44	53	≤ 500 mg/L ^(b)
Turbidez (UNT)		52	23	36	17	20	19	46	≤ 100 UNT
Nitrogênio Total (mg/L)		2,05	2,79	2,42	1,98	2,26	2,28	2,6	≤ 3,7 para pH ≤ 7,5
Fósforo Total (mg/L)		0,38	1,34	1,02	0,25	0,66	1,12	0,46	≤ 0,030 (ambiente lântico)
DBO 5 (mg/L)		<LMD	8	<LMD	<LMD	<LMD	<LMD	<LMD	≤ 5 mg/L O ₂
Oxigênio Dissolvido (mg/L)		2,5	2	2,3	5,6	3,1	3,6	4,4	≥ 5,0
pH		5,88	6,09	6,13	6,78	5,9	6,6	6,42	6,0 a 9,0
Temperatura (°C)		28,7	28,9	27,5	31,5	29,6	26,6	26,6	-
Coliformes Term. (NMP/100mL)		563	269 0	10110	1010	724	1011	724	≤ 1000 NMP/100mL
Campanha 2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
Sólidos Totais (mg/L)	195	164	207	209	68	155	157	198	≤ 500 mg/L ^(b)
Turbidez (UNT)	37	15	38	25	12	29	25	22	≤ 100 UNT
Nitrogênio Total (mg/L)	3,15	1,75	3,02	8,8	0,55	2,36	8,3	7,8	≤ 3,7 mg/L para pH ≤ 7,5
Fósforo Total (mg/L)	0,63	0,27	0,57	1,1	0,26	0,2	0,5	1,2	≤ 0,030 (ambiente lântico)
DBO 5 (mg/L)	6	0	6	32	0	0	12	3	≤ 5 mg/L O ₂
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	1,3	0,8	0,7	0,5	3,6	2,8	0,3	0,9	≥ 5,0
pH	6,43	6,24	6,47	6,35	6,93	5,52	6,54	6,37	6,0 a 9,0
Temperatura (°C)	29,2	25	27,4	25	29,8	24,6	24,6	24,6	-
Coliformes Term. NMP/100mL	1011	109	10,3	1011	39,7	4,1	1011	1011	≤ 1000

Tabela 9 - Comparação dos parâmetros analisados com a legislação vigente^{(a) (c)} (Campanha 3).

Campanha 3	P3.1	P3.2	P3.3	P3.4	P3.5	P3.6			LMP*
Sólidos Totais (mg/L)	2,2	14	4,8	4,4	5,4	5,6			≤ 500 mg/L ^(b)
Turbidez (UNT)	59	124	35,7	23,3	63	42,6			≤ 100 UNT
Nitrogênio Total (mg/L)	6,9	1,1	15,9	25	1	2,4			≤ 3,7 mg/L para pH ≤ 7,5
Fósforo Total (mg/L)	0,05	0,1	0,12	0,04	0,08	0,05			≤ 0,030 (ambiente lântico)
DBO 5 (mg/L)	1,32	0,82	0,82	1,32	0,82	1,32			≤ 5
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	1,82	3,07	3,25	4,24	3,79	2,81			≥ 5,0
Clorofila A (ug/L)	4,27	-	-	-	-	13,6 2			≤ 30 ug/L
pH	6,68	7,32	6,67	6,68	6,63	6,3			6,0 a 9,0
Temperatura (°C)	30	30	30	29	30,4 8	29,7 5			-
Coliformes Term. (NMP/100mL)	30	130	23	34	23	130			≤ 1000

Observações:

^(a) Padrão Resolução CONAMA Nº 357/2005 Águas Doces, classe 2.

^(b) Para esta Resolução, a parcela de sólidos deste limite é referente aos sólidos totais dissolvidos, por este motivo este parâmetro não será comparado para fins deste trabalho.

^(c) As células em vermelho destacam os parâmetros fora do padrão da Resolução.

Analisa-se que vários parâmetros (em vermelho) apresentaram-se fora do padrão da Resolução CONAMA Nº 357/2005, destacando-se os parâmetros fósforo total, oxigênio dissolvido e DBO5. Estes parâmetros indicam o despejo de efluentes domésticos não tratados nesta área, uma vez que a degradação da matéria orgânica causa a depleção do oxigênio dissolvido disponível em corpos hídricos. O elevado teor de fósforo e, em alguns pontos na campanha 2, de nitrogênio total, indicam também a presença de nutrientes em teor indesejado.

O parâmetro coliformes termotolerantes apresentou altas taxas nas campanhas 1 e 2, o que indica mais uma vez a contaminação desta área por efluentes domésticos e resíduos urbanos. Observa-se pH mais ácido do que o permitido nos pontos 2 e 6, na primeira campanha, embora este dado seja considerado comum para as águas amazônicas – que apresentam características naturalmente ácidas.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Os resultados obtidos a partir da avaliação da qualidade da água no lago Água Preta, localizado em Belém – PA, através do Índice de Qualidade da Água e do Índice de Estado Trófico, foram bem variados. As análises do IQA durante as campanhas 1 e 2 no ponto localizado no lago Água Preta (P5), apresentaram a classificação do mesmo como BOA. Os outros pontos das campanhas 1 e 2 foram coletados na área de influência do lago e apresentaram valores bem abaixo do desejado, variando de BOM a RUIM.

Na campanha 3, todos os pontos coletados estão localizados no lago Água Preta. Dentre os 5 pontos, apenas um foi classificado como ACEITÁVEL (P3-2), todos os outros ficaram classificados na faixa BOA. Neste

ponto é possível ver a influência direta da captação de água do rio Guamá, já que a coleta foi realizada na entrada de água bombeada a partir da adutora do mesmo.

É importante ressaltar que como o IQA é composto por faixas amplas de resultados, uma análise mais específica dos parâmetros que compõem o IQA é necessária. Por este motivo, cada parâmetro foi comparado separadamente com a legislação vigente (Resolução CONAMA N° 357/2005). Assim, os parâmetros que apresentaram resultados enquadrados como não conformes em relação à Resolução CONAMA N° 357/2005 foram: Fósforo Total, OD, DBO5, coliformes termotolerantes e pH. Os 4 primeiros parâmetros citados podem ser explicados pela grande pressão urbana na área e o pH mais elevado é considerado aceitável e comum para águas amazônicas.

Na campanha 3 também foi realizada a análise do IET nos mesmos pontos amostrais em que foram analisados o IQA, apresentando resultados que variaram de Eutrófico a Hipereutrófico. Indicando, portanto, que o corpo hídrico estudado apresenta sinais claros de eutrofização. Resultado este que também confirma pela presença de macrófitas aquáticas em várias regiões do mesmo.

Por todos os motivos expostos, que corroboram com a revisão de literatura pesquisada, é possível inferir que o lago Água Preta apresenta-se em alto risco de contaminação ambiental. Estes reservatórios possuem importância inestimável para a população da Região Metropolitana de Belém e, portanto, necessitam da atenção dos órgãos responsáveis, não apenas no sentido de conter o avanço nas pressões antrópicas nos lagos, mas também impedir que os mesmos permaneçam sendo utilizados como os receptores finais de esgotos domésticos e industriais sem tratamento.

RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se:

- Um plano de monitoramento da qualidade de água dos mananciais Água Preta e Bolonha a fim de determinar as variações mensais dos parâmetros e obter uma visão mais apurada do quadro em que se encontra os corpos hídricos;
- Adequação da legislação vigente em relação às águas amazônicas, já que estas apresentam várias especificidades;
- Reformulação das faixas do IQA-CETESB, a fim de melhor caracterizar os corpos hídricos, ou a criação de um índice de qualidade da água adaptado para as águas amazônicas, atribuindo curvas de qualidade e pesos condizentes com a região;
- A Criação de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na Região Metropolitana de Belém (RMB);
- Incentivar a inserção de um tratamento simplificado da água proveniente da COSANPA prévio ao consumo por parte da população, até que a mesma se prove potável após distribuição;
- Realizar trabalhos de conscientização sobre a importância da preservação dos lagos e do Parque Estadual do Utinga, com o objetivo de diminuição das pressões antrópicas como despejo de resíduos sólidos e efluentes domésticos na área;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition.** Washington D.C. American Public Health Association. 1998.
2. BAHIA, A. L. L. **Ensaio coreográfico sobre a província do Pará.** Belém : Santos & Menor, 1939. In : SODRÉ, Silvana do Socorro Veloso. **Hidroquímica dos lagos Bolonha e Água Preta, mananciais de Belém-Pará.** 2007. 115f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará. Disponível em: <<http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/2946>> Acesso em: 10 Out. 2014.

3. BRASIL, Lei Federal Nº 9.433/1997, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
4. BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução Nº 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
5. BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução Nº 430, de 13 de Maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.
6. BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. Resolução Nº 91, de 05 de Novembro de 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos.
7. BRITO, S. L.; MAIA-BARBOSA, P. M.; PINTO-COELHO, R. M. Zooplankton as an indicator of trophic conditions in two large reservoirs in Brazil. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 16, p. 253–264, 2011. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-1770.2011.00484.x>
8. CARLSON, Robert E. A trophic state index for lakes1. **Limnology and oceanography**, v. 22, n. 2, p. 361-369, 1977.
9. CAVALCANTE, L. M.; CRUZ, F. M.; DE LIMA, W. N. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM MICROBACIAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM (PA). **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. 2007.
10. CETESB. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. **São Paulo: CETESB**. 2012.
11. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Coliformes termotolerantes**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/variaveis/aguas/variaveis_microbiologicas/coliformes_termotolerantes.pdf>. Acesso em: 08 de Out. 2014.
12. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/variaveis/aguas/variaveis_quimicas/demanda_bioquimica_de_oxigenio.pdf>. Acesso em: 08 de Out. 2014.
13. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>>. Acesso em: 02 de Out. 2014.
14. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **IQA – Índice de Qualidade das Águas**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/02.pdf>>. Acesso em: 08 de Out. 2014.
15. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Turbidez**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/variaveis/aguas/variaveis_fisicas/turbidez.pdf>. Acesso em: 08 de Out. 2014.
16. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Série de Nitrogênio (nitrogênio orgânico, amônia, nitrato e nitrito)**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/variaveis/aguas/variaveis_quimicas/serie_de_nitrogenio.pdf>. Acesso em: 08 de Out. 2014.
17. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Variáveis de Qualidade da Água**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%20aguassuperficiais/34-variaveis-de-qualidade-das-aguas>>. Acesso em: 08 de Out. 2014.
18. CLARKE, R.; KING, J. O atlas da água. **São Paulo: Publifolha**, p. 43, 2005.
19. COIMBRA, A. R. S. R. e SOUZA, M. A. A. **Análise básica das alternativas de ampliação do sistema de abastecimento de água da cidade de Belém-Pará**. **Brasília-DF**. 1979. p. 119.
20. CUNHA, D. G. F.; CALIJURIA, M. C.; LAMPARELLI, M. C. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSI_{tr}). **Ecological Engineering**, v. 60, p. 126-134, 2013
21. DIAS, S. Da F. **Estudo ambiental no Utinga**: vida útil do sistema de abastecimento de água de Belém. Belém. Instituto de Desenvolvimento Econômico social do Pará, 1991. 118p. (Relatório de Pesquisa, 91).

22. ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de limnologia**. Interciência, 1998.
23. FARIAS, E dos S.; NASCIMENTO, F.S. do; FERREIRA, M.A.A. 1992. **Mapeamento da área Belém – Outeiro. Estágio de campo III: Relatório Final**. Belém, UFPA. 247p.
24. FENG, L. H; HUANG, C. F. A risk assessment model of water shortage based on information diffusion technology and its application in analyzing carrying capacity of water resources. **Water resources management**, v. 22, n. 5, p. 621-633, 2008.
25. FIGUEIRÊDO, M. C. B. de et al. Evaluation of reservoirs environmental vulnerability to eutrophication. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 399-409, 2007.
26. GIUPPONI, C. et al. MULINO-DSS: a computer tool for sustainable use of water resources at the catchment scale. **Mathematics and Computers in Simulation**, v. 64, n. 1, p. 13-24, 2004.
27. GONÇALVES, E. M. **AValiação da Qualidade da Água do Rio UBERABINHA – UBERLÂNDIA – MG**. 2009. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia dos Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro Programa de Pós – Graduação em Tecnologia dos Processos Químicos e Bioquímicos, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: < <http://tpqb.eq.ufrj.br/download/qualidade-da-agua-do-rio-uberabinha.pdf>>. Acesso em: 15 de Jan. 2013.
28. GOULART, M. D.; CALLISTO, Marcos. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2, n. 1, p. 156-164, 2003.
29. JÚNIOR, A. C. R. A.; DE AZEVEDO, A. K. A.; DA SILVA OLIVEIRA, I. PROBLEMÁTICA DA ÁGUA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM (RMB)–PARÁ: ASPECTOS HISTÓRICO-GEOGRÁFICOS (Water problem in the Metropolitan Region of Belém (RMB)–Pará: historical and geographical aspects). **ACTA GEOGRÁFICA**, v. 7, n. 15, p. 117-131, 2014.
30. LIBANIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. de L. and NASCIMENTO, N. de O. The water quality dimension: an evaluation of the relationship between social, water availability, water services and public health indicators. **Eng. Sanit. Ambient.** July/Sept. 2005, vol.10, nº 3, p.219-228. ISSN 1413-4152.
31. LIU, Y.; WANG, Y.; SHENG, H.; DONG, F.; ZOU, R.; ZHAO, L. et al. Quantitative evaluation of lake eutrophication responses under alternative water diversion scenarios: a water quality modeling based statistical analysis approach. **Science of the Total Environment**, v. 468–469, p. 219–227, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.08.054>
32. MENEZES, J. da S. **DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO CASEIRO PARA DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA SALOBRA PARA DESSEDENTAÇÃO HUMANA**. 2009. 124 f. Dissertação (Programa de pós-graduação em Química) – Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química, Salvador, 2009.
33. MUÑOZ, H. R. Razões para um debate sobre as interfaces da gestão dos recursos hídricos no contexto da Lei de Águas de 1997. In: MUÑOZ, H. R. (Coord.) **Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos: Desafios da Lei de Águas em 1997**. 2. ed. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente. p.13-30. 2000.
34. PARÁ, Governo (Org.). **Projeto de estudo do meio ambiente em sítios de extração de materiais de construção na região de Belém – Região Metropolitana de Belém. Plano diretor de mineração em áreas urbanas**. 712p. 1995.
35. PARÁ, SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE. Revisão do Plano de Manejo do Parque Estadual do Utinga. 376p. Belém: SEMA; Belém: IMAZON, 2013.
36. PHILIPPI JÚNIOR, A.; PELICIONI, M. C. F. **Educação ambiental e sustentabilidade**. USP, 2005.
37. ROCHA, G. M. & PEREIRA, I. C. N. **População e recursos: crescimento populacional e o uso dos recursos hídricos na cidade de Tucuruí/Pa**.
38. RODRIGUES, E. **Os desafios da metrópole: reflexões para o desenvolvimento de Belém**, 2000, 152p. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, V. 6, n.2, p.21-28, 2001.
39. RIBEIRO, H.M.C. **Avaliação atual da qualidade das águas superficiais dos lagos Bolonha e Água Preta situados na área fisiográfica do Utinga (Belém – PA)**. 1992. 205 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém. 1992.
40. SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).
41. SILVA, L. M. da. **Qualidade ambiental das águas dos mananciais do Utinga e rios Guamá e Aurá**. 2014 Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado do Pará, Belém. 2014.
42. SILVESTRE, M. E. D. **Água doce no Brasil: razões de uma nova política**. 2003. 134f. 2013. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)-Universidade Federal do Ceará. Disponível em:< <http://www.prodema.ufc.br/dissertacoes/077.pdf>>. Acesso em: 11 nov.

43. SUASSUNA, J.; FRANCISCO, S. **Recursos hídricos no Nordeste: a necessidade de gerenciamento**. 2008. Disponível em: <<http://www.confex.org.br/publicue/media/saofrancisconordeste.doc>>. Acesso em: 17 jul. 2014.
44. SODRÉ, S. do S. V. **Hidroquímica dos lagos Bolonha e Água Preta, mananciais de Belém-Pará**. 2007. 115f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará. Disponível em: <<http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/2946>> Acesso em: 10 Out. 2014.
45. SPERLING, M. V. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. DESA/UFMG, 2007.
46. TAN, Y. Y.; WANG, X. An early warning system of water shortage in basins based on SD model. **Procedia Environmental Sciences**, v. 2, p. 399-406, 2010.
47. TEODORO, V. L. et al. O conceito de bacia hidrográfica ea importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, v. 20, p. 137-157, 2007.
48. TOLEDO, A P., et al. Aplicação de modelos simplificados para avaliação do processo da eutrofização em lagos reservatórios tropicais. In: **Trabalhos apresentados ao 12 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. CETESB, 1983.
49. TOLEDO, L. G. de; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 1, p. 181-186, 2002.
50. TUCCI, C. Águas urbanas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.
51. TUCCI, C., et al. **Inundações urbanas na América do Sul**. Ed. dos Autores, 2003.
52. TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, Milan. Ecological basis for the application of ecotechnologies to watershed/reservoir recovery and management. In: **Ecological basis for the application of ecotechnologies to watershed/reservoir recovery and management**. 1992.
53. TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. E. M. Reservoirs and human well being: new challenges for evaluating impacts and benefits in the neotropics. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 4, p. 1133-1135, 2008.
54. UNITED NATIONS. Population Challenges and Development Goals. Disponível em: <http://www.un.org/esa/population/publications/pop_challenges/Population_Challenges.pdf> Acesso em: 10 Out, 2014.
55. VASCONCELOS, V. de M. M.; SOUZA, C. F.. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 6, n. 2, p. 605-624, 2011.